

ESTIMASI PERTUMBUHAN LARVA LALAT *BLACK SOLDIER* (*Hermetia illucens*) DAN PENGGUNAAN PAKAN JERAMI PADI YANG DIFERMENTASI DENGAN JAMUR *P. chrysosporium*

¹Ateng Supriyatna, ²Ramadhani Eka Putra

¹Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung,
²Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati Institut Teknologi Bandung

Diterima 09 September
2017

Disetujui 24 November
2017

Publish 30 November
2017

¹Jl. AH. Nasution 105 Cibiru-
Bandung 40614, ²Jl. Ganesha 10
Bandung 40132

e-mail:

¹atengsupriyatna@uinsgd.ac.id,

²ramadhani@sith.itb.ac.id

e-ISSN : 2541-4208

p-ISSN : 2548-1606

Abstrak. Telah dilakukan penelitian mengenai estimasi pertumbuhan larva lalat Black Soldier (*Hermetia illucens*) dan penggunaan pakan jerami padi yang difermentasi dengan jamur *P.chrysosporium*, yang bertujuan untuk mengetahui komposisi jerami setelah fermentasi, mengetahui laju pertumbuhan larva, nilai ECD dan WRI. Metode penelitian yang dilakukan yaitu: jerami difermentasikan dengan menggunakan jamur *P.chrysosporium* 4% (b/v), jerami hasil fermentasi selanjutnya digunakan sebagai pakan larva BSF dengan perlakuan pemberian pakan 12,5; 25; 50; 100; dan 200 (mg/larva/hari). Larva yang digunakan berusia 6 hari, untuk semua perlakuan menggunakan 200 ekor larva. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jamur *P. chrysosporium* dapat menurunkan kadungan hemiselulosa 3,89%, selulosa 4,65%, dan lignin sebesar 10,05% serta menaikkan kandungan protein jerami sebesar 1,88%. Pemberian pakan 100 mg/larva/hari menghasilkan rata-rata berat akhir larva paling tinggi yaitu 13,68 mg, rata-rata mencapai prepupa selama 39 hari, rata-rata nilai ECD dan WRI sebesar 12,96% dan 0,42.

Kata Kunci : larva *Hermetia illucens*, jerami padi, laju pertumbuhan, ECD, WRI

Has studied about estimation of black soldier fly growth (*Hermetia illucens* L.) and utilisation rice straw after preliminary treatment. The aims of this research to know of bility *P.chrysosporium* on cellulose, hemycellulose and lignin degradation and protein enhancement, measure of larvae growth rate, efficiency of conversion dgested (ECD), and waste reduction indeks (WRI). The method in this study, rice straw fermented by *P.chrysosporium* (4%), than substrat used for larvae fed.Two hundreds 6-day-old larvae were fed on rice straw with variation of 12.5, 25, 50, and 200 mg/larva/day, replicated three times, until pupation. Results showed *P.chrysosporium* can degradation hemycellulose 3.89%, cellulose 4.65%, and lignin 10.05% and protein increase 1.88%. Best efficiency conversion of digested (12,96 %) and reduction index (0,42), development time to pupation 39 day, and feeding duration recorded on feeding 100 mg/larva/day. Based on this study, it concluded best feeding rate for growth of BSF larvae is 100 mg/larva/hari.

Keyword: *Hermetia illucens*, rice straw, larva grow rate, ECD, WRI

Cara Sitasi

Supriyatna, A. & Putra, R. E. (2017). Estimasi Pertumbuhan Larva Lalat *Black Soldier* (*Hermetia illucens*) dan Penggunaan Pakan Jerami Padi yang Difermentasi dengan Jamur *P. chrysosporium*. *Jurnal Biodjati*, 2 (2), Hal 159-166.

PENDAHULUAN

Larva lalat tentara hitam (*Hermetia illucens*) (*Black Soldier Fly* / *BSF*) memiliki aktivitas selulolitik dengan adanya bakteri pada ususnya (Supriyatna & Ukit, 2016). Keberadaan bakteri dalam usus larva tersebut membantu larva dalam mengkonversi limbah organik dalam ususnya. Larva *BSF* mampu mengkonversi limbah organik (kotoran ternak) menjadi lemak dan protein dalam biomassa tubuhnya (Larde, 1990 ; Shepard & Newton, 1994; Leclercq, 1997; Oliver, 2001; Newton et al., 2005; Li et al., 2011; Diener et al., 2011; Zheng et al., 2011). Pada penelitian sebelumnya limbah organik yang digunakan dalam biokonversi oleh larva *black soldier* adalah berupa limbah restaura (Zheng et al., 2011), kotoran ternak (sapi, babi, ayam) (Li et al., 2011; Myers et al., 2008), kotoran manusia (Banks, 2010), sedangkan pada limbah pertanian sendiri sangat jarang diaplikasikan.

Limbah hasil pertanian mengandung lignoselulosa dan sejumlah nutrisi yang dapat dikonversi menjadi produk bernilai guna sebagai bahan pembuatan kompos atau pakan ternak. Proses biokonversi jerami padi tanpa fermentasi oleh larva *BSF* menunjukkan hasil yang rendah, dilihat dari berat akhir larva, waktu pertumbuhan larva, efisiensi konversi, serta indeks reduksi limbah (Manurung et al., 2016). Biokonversi yang rendah karena jerami padi memiliki kandungan lignoselulosa yang tinggi serta protein yang rendah, sementara larva *BSF* tidak memiliki enzim pendegradasi lignin (Kim et al., 2011). Lignoselulosa merupakan komponen utama tanaman yang

terdiri dari selulosa, hemiselulosa, lignin dan beberapa bahan ekstraktif pada jerami.

Phanerochaete chrysosporium adalah salah satu jamur pelapuk putih yang memiliki kemampuan lignolitik, terutama untuk mendegradasi lignin, dengan cara mengeluarkan enzim heme peroksidase yang meliputi Lignin peroksidase (LiP), dan Mangan peroksidase (MnP) (Johjima et al, 1999). Enzim LiP dan MnP merupakan enzim yang berperan dalam proses perombakan lignin. Lignin merupakan zat yang tersusun dari 90% unit fenolik, dan dapat didegradasi oleh enzim LiP yang dihasilkan oleh *P. chrysosporium* (Sanchez, 2009).

P. chrysosporium diketahui dapat mendegradasi hemiselulosa dengan enzim hemiselulase. Xilan merupakan karbohidrat utama penyusun hemiselulosa, dan xilanase merupakan hemiselulase utama yang menghidrolisis ikatan β -1,4 rantai xilan. Jamur *P. chrysosporium* menghasilkan *endoxylanase* yang berperan dalam pemecahan xilan menjadi oligosakarida (Perez et al., 2002). *P. chrysosporium* juga diketahui menghasilkan enzim *cellobio dehydrogenase* (CDH) yang menghidrolisis selulosa menjadi selobiosa, selanjutnya selobiosa dirubah oleh enzim β -glucosidase menghasilkan glukosa (Suzuki, 2009).

Jerami padi yang telah difermentasi menggunakan jamur *P. chrysosporium*, kemudian dijadikan sebagai substrat bagi larva *BSF*. Kemampuan proses biokonversi berlangsung selama periode fase larva sebelum memasuki tahap prepupa.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2016 di Laboratorium Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Bandung. Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah larva BSF berusia 6 hari. Jerami padi dihaluskan terlebih dahulu sampai ukuran sekitar 0,4 mm, kemudian diberi perlakuan pendahuluan (*pretreatment*) menggunakan jamur *P. chrysosporium*. Jerami padi yang telah mengalami perlakuan awal kemudian digunakan sebagai substrat bagi larva dengan variasi pemberian bobot basah substrat sebesar 12,5; 25; 50; 100; dan 200 mg/larva/hari. Pengamatan laju pertumbuhan larva dilakukan setiap 3 hari. Periode pemberian substrat. pengamatan dihentikan sampai 50% lebih larva menjadi prepupa (Diener et al., 2009). Perlakuan pendahuluan terhadap jerami yaitu dengan menambahkan medium yang mengandung jamur *P. chrysosporium* 5% (b/v), selanjutnya diinkubasi selama 8 hari pada suhu 27°C. Suhu optimum fermentasi berkisar antara 25-40 °C (Noferdian et al., 2008). Parameter pengamatan estimasi pertumbuhan larva dalam penggunaan substrat meliputi kenaikan berat larva, neraca massa, perbandingan proporsi penggunaan pakanserta efisiensi konversi (ECD), West Reduction Indeks (WRI). WRI diukur dengan menggunakan persamaan:

$$D = \frac{W-R}{W} \times 100\% \times 100 \%$$

dimana: *D* = persentase bobot substrat yang didegradasi, *W* = bobot kering total substrat selama waktu (*t*) percobaan, sedangkan *R* = bobot kering residu selama waktu (*t*) percobaan.

WRI merupakan indeks yang menyatakan bobot substrat yang dicerna larva dalam jangka waktu tertentu. Nilai WRI ditentukan menggunakan persamaan

$$WRI = \frac{D \times 100}{t}$$

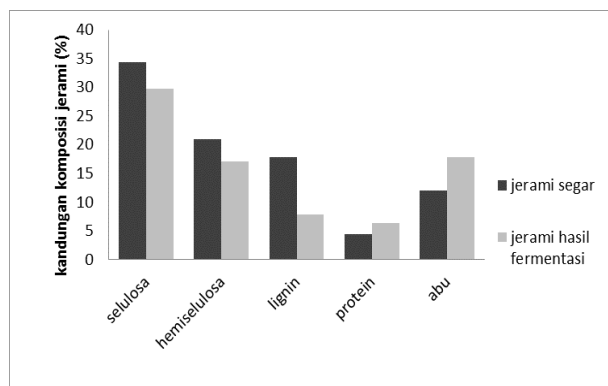
Efisiensi konversi dihitung dengan menggunakan persamaan (Scriber & Slansky, 1982 dalam Diener, 2009), yaitu:

$$ECD = \frac{B}{(I - F)} \times 100\%$$

dimana: ECD = *Efficiency of Conversion of Digested-feed*, *B* = bobot kering biomassa yang terbentuk (mg *dw*), *I* = bobot substrat awal (mg *dw*), dan *F* = bobot kering *casting* (makanan yang tidak dikonsumsi + kotoran yang dikeluarkan) (mg *dw*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jerami memiliki kandungan lignoselulosa yang tinggi serta kandungan protein yang rendah, oleh karena itu agar dapat digunakan sebagai substrat perlu suatu proses perlakuan pendahuluan untuk menurunkan kadar lignoselulosa dan meningkatkan kandungan protein. Lignoselulosa pada jerami dapat didegradasi dengan perlakuan jamur *P. chrysosporium*. Hasil perlakuan pendahuluan jamur pada jerami disajikan pada Gambar 1.



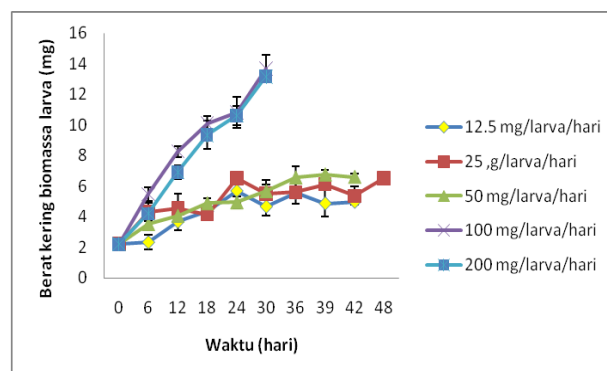
Gambar 1. Komposisi kandungan jerami setelah fermentasi oleh *P. chrysosporium*

Perlakuan pendahuluan dengan menggunakan mikroba bertujuan untuk memecah ikatan kompleks lignoselulosa dan menurunkan kandungan selulosa untuk dipecah oleh enzim selulase yang dihasilkan oleh mikroba (Sitorus, 2002). Komposisi hemiselulosa, selulosa, lignin, protein dan abu pada jerami jerami segar secara berturut turut, adalah: 20,9%, 34,35%, 17,8%, 4,4%, dan 12 %. Komposisi hemiselulosa, selulosa, lignin, protein dan abu jerami padi hasil perlakuan pendahuluan dengan *P. chrysosporium* secara berturut turut, adalah: 17,01%, 29,7%, 7,75%, 6,28%, dan 17,84%. Dari perbandingan komposisi jerami segar dan jerami hasil fermentasi terjadi penurunan kadar hemiselulosa, selulosa, dan lignin secara berturut-turut yaitu 3,89%, 4,65%, 10,05%, serta kenaikan protein sebesar 1,88%. Penurunan lignoselulosa pada jerami terjadi karena *P. chrysosporium* menghasilkan enzim Lignin peroksidase dan Mangan peroksidase (MnP) yang mampu mendegradasi kandungan lignin, selanjutnya selulosa dan hemiselulosa diuraikan menjadi komponen yang sederhana (Suzuki, 2009)

Laju pertumbuhan larva BSF

Pada Gambar 2 pemberian substrat 100 mg/larva/hari menghasilkan berat akhir

biomassa larva paling tinggi, yaitu sebesar 13,68 mg, biomassa larva paling rendah dihasilkan pada pemberian substrat 12,5 mg/larva/hari yaitu sebesar 4,97 mg. Pemberian substrat jerami hasil perlakuan pendahuluan menghasilkan biomassa larva lebih baik daripada larva yang diberi substrat jerami segar (tanpa perlakuan pendahuluan) pada penelitian Manurung et al. (2016) yang menghasilkan biomassa larva paling tinggi yaitu sebesar 12,45 mg pada pemberian substrat 200 mg/larva/hari.



Gambar 2. Berat kering larva dengan variasi pemberian substrat 12,5, 25, 50, 100, dan 200 (mg/larva/hari)

Grafik yang diperlihatkan pada Gambar 2, menunjukkan bahwa berat larva meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah pemberian substrat. Menurunnya kandungan lignin pada substrat yang didegradasi oleh enzim MnP dan LiP, yang diproduksi jamur *P. chrysosporium*, menyebabkan substrat akan menjadi lebih mudah dicerna oleh larva, yang selanjutnya dikonversi menjadi biomassa tubuh. Semakin tinggi substrat yang mampu dicerna maka semakin tinggi pula substrat yang dikonversi menjadi biomassa larva.

Berat akhir larva, waktu pertumbuhan mencapai prepupa, dan durasi pemberian substrat disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata berat akhir larva, waktu mencapai prepupa dan durasi pemberian substrat

Jumlah substrat (mg/larva/hari)	12.5	25	50	100	200
berat akhir larva (mg)	4.97	7.53	6.61	13.68	13.18
waktu mencapai prepupa (hari)	54	57	54	39	37
durasi pemberian substrat (hari)	48	51	48	33	31

Berdasarkan Tabel 1, menunjukkan bahwa pemberian jumlah substrat sebagai pakan larva memberikan hasil yang berbeda berdasarkan berat akhir larva dan waktu mencapai tahap prepupa. Hasil terbaik pada penelitian ini yaitu pemberian substrat 100 mg/larva/hari ditunjukkan dengan hasil rata-rata

berat akhir larva yaitu 13,68 mg, dimana pada perlakuan ini larva mampu mengkonversi menjadi biomassa tubuh lebih baik dari perlakuan lainnya. Selanjutnya untuk mengetahui persentase penggunaan penggunaan substrat oleh larva BSF dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Persentase penggunaan substrat oleh larva BSF

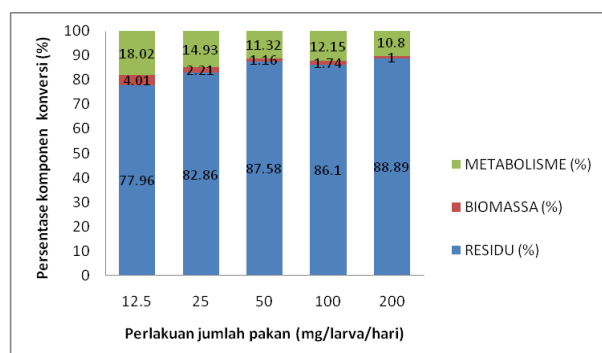
Laju pemberian substrat (mg/larva/hari)				Masukan	Keluaran					
		Durasi pemberian substrat (hari)	Periode mencapai prepupa (hari)	Total jerami	Residu	Biomassa		Metabolisme		
Dasar basah (wd)	Dasar kering (db)			mg	mg	%	mg	%	mg	%
12.5	3.01	48	54	144.48	112.63	77.96	5.8	4.01	26.05	18.03
25	6.02	51	57	307.02	254.39	82.86	6.8	2.21	45.83	14.93
50	12.04	48	54	553.84	485.06	87.58	6.4	1.16	62.38	11.26
100	24.08	33	39	794.64	684.16	86.10	13.86	1.74	96.62	12.16
200	48.16	30	36	1318.00	1275.52	87.16	13.18	1.00	156.1	11.84

wd: wet base; *db*: dry base

Pemberian pakan 100 mg/larva/hari menghasilkan biomassa larva paling tinggi yaitu sebesar 13,86 mg. Pada pemberian substrat 100 mg/larva/hari (*wb*), total substrat yang diberikan per-larva adalah 3.300 mg (*wb*) selama 33 hari masa pertumbuhan. Kandungan air pada substrat sebesar 75,92%, sehingga bobot kering substrat yang diberikan adalah sebesar 794.64 mg (*db*). Setelah 33 hari perlakuan, total bobot biomassa larva yang dihasilkan sebesar 13,86 mg (*db*) (1,74% dari total substrat), dengan bobot kering residu sebesar 1.275,52 mg (*db*) (87,16% dari total

substrat). selama proses konsumsi larva menggunakan 156,1 mg berat substrat (11,84 % dari total substrat) untuk proses metabolisme. Berdasarkan Tabel 2, proses konsumsi substrat menghasilkan produk biomassa larva dan residu, serta jumlah substrat yang digunakan untuk metabolisme larva. Pemberian substrat jerami 100 mg/larva/hari merupakan substrat yang paling baik dalam menghasilkan biomassa larva dibandingkan dengan perlakuan jumlah substrat lainnya.

Persentase komponen konversi substrat pada setiap pemberian jumlah substrat dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3. Persentase konversi substrat oleh larva lalat Black Soldier

Substrat berhasil dikonversi oleh larva BSF sekitar 1-4,05%. Larva yang diberi jerami hasil fermentasi menghasilkan biomassa larva dan nilai konversi lebih tinggi dibandingkan dengan lerva yang diberi substrat jerami tanpa perlakuan pendahuluan pada penelitian yang dilakukan oleh Manurung et al. (2016) yang menghasilkan nilai konversi sebesar 0,83-188%. Hal ini menunjukkan bahwa jerami hasil perlakuan pendahuluan lebih mudah

dicerna oleh larva, yang selanjutnya dikonversi menjadi biomassa larva.

Kandungan lignin pada jerami hasil perlakuan pendahuluan sebesar 7,75, sedangkan kandungan lignin pada jerami tanpa perlakuan pendahuluan, yaitu 17,8%. Kandungan lignin yang tinggi menjadi faktor pembatas dari pemanfaatan jerami sebagai substrat larva BSF. Hal ini disebabkan karena lignin memperkuat dinding sel tanaman, sehingga dinding sel tersebut tidak dapat dicerna oleh bakteri dalam saluran pencernaan larva BSF. Seperti telah diketahui sebelumnya dalam penelitian Supriyatna dan Ukit (2016) bahwa di dalam saluran pencernaan larva BSF terdapat beberapa bakteri selulolitik dari kelompok *Bacillus* sp., *Ruminococcus* sp., *Proteus* sp., *B. subtilis*, dan *Alaligenes faecalist*, dimana bakteri-bakteri tersebut tidak memiliki enzim pendegradasi lignin. Selanjutnya untuk mengetahui tingkat efisiensi biokonversi oleh larva, dilakukan pengukuran efisiensi substrat yang dicerna (ECD) dan Indeks reduksi limbah (WRI).

Tabel 3. Efisiensi Konversi Pakan yang Dicerna (ECD) dan Indeks Reduksi Limbah (WRI), larva pada substrat JFT, JFC, SFT, dan SFC berdasarkan laju pemberian substrat (mg/larva/hari)

	12.5 mg		25 mg		50 mg		100 mg		200 mg	
Parameter	Rata-rata	SE	Rata-rata	SE	Rata-rata	SE	Rata-rata	SE	Rata-rata	SE
ECD (%)	14.51b	2.75	12.97ab	0.37	9.21a	0.5	12.9ab	1.7	10.33a	0.9
WRI	0,46b	0.06	0,34ab	0.03	0.26b	0.03	0,42ab	0.031	0,35ab	0.1

Nilai ECD dan WRI paligng tinggi yaitu pada perlakaun substrat 12,5 mg/larva/hari yaitu sebesar 14,5 % dan 0,46. Nilai ECD dan WRI pada setiap pemberian substrat tidak berbeda nyata secara statistic, artinya setiap perlakuan memiliki pengaruh yang sama terhadap nilai ECD dan WRI. Nilai WRI

mengindikasikan efisiensi larva dalam mereduksi substrat yang diberikan, serta menunjukkan efektivitas waktu yang diperlukan untuk mereduksi substrat tersebut. Semakin besar WRI, maka semain baik efisiensi reduksi substrat yang dihasilkan (Diener et al., 2009).

Beraskan hasil penelitian, perlakuan pendahuluan terhadap jerami dengan menggunakan jamur *P. chrysosporium* dapat menurunkan kadungan hemiselulosa 3,89%, selulosa 4,65%, lignin 10,05% serta menaikkan kandungan protein sebesar 1,88%. Pemberian substrat 100 mg/larva/hari menghasilkan biomassa larva paling tinggi yaitu sebesar 13,68 mg (db), waktu mencapai prepupa selama 39 hari. Nilai ECD dan WRI sebesar 12,96% dan 0,42.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrawal, N., Chacko, M., Ramachandran, M. & Thian, M. (2011). Assesing the commercial viability of BSF as biodiesel & animal feed. University of California Barkeley-Haas School of Business. **34 (2)**: 123-130
- Banks, I. J. (2010). Determination of Physical and Biochemical Changes of Human Faeces, of Different Dietary Origins, and Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*) as feeding, Occurs. diss. *Msc Biol. Control dis. vectors*. pp 1-77.
- Diener, S. C. Z. (2009). Conversion of Organic Material by Black Soldier Fly Larvae: Establishing Optimal Feeding Rates. London: SAGE
- Johjima, T., Itoh, N., Kabuto, M., Tokimura, F., Nakagawa, T., Wariishi, H. & Tanaka, H. (1999). Direct Interaction of Lignin And Lignin Peroxidase from *Phanerochaete chrysosporium*. *Proc. nat. l acad.sci. USA*. 66: 1989-1994.
- Kim, W., Bae, S., Kim, A., Park, K., Lee, S., Choi, Y., Han, S., Park, Y. & Koh, Y. (2011) : Biochemical Characterization of Digestive Enzymes in The Black Soldier Fly, *Hermetia Illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of asia pacifik entomology*. 14: 11-14.
- Larde, G. (1990): Recycling of Cofee Pulp by *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) larvae. *Biological wastes*. 33: 307-310.
- Leclercq, M. (1997): A propos de *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) "soldier fly" (diptera stratiomyidae: hermetiinae). *Bulletin et annales de la societe royale belge d'entemologie*, 133: 275-282.
- Li, Q., Zheng, L., Qiu, N., Cai, H., Tomberlin, J.K. & Yu, Z. (2011): Bioconversion of dairy manure by black soldier fly (diptera: stratiomyidae) for biodiesel and sugar production. *Waste management*. 31:1316-1320.
- Manurung R., Supriatna A., Esyanti R. E. & Putra R. E. (2016). Bioconversion of Rice Straw by Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucnes*): Optimal Feed Rate For Biomass Production. *Journal of Entomology and Zoology Studies*; 4 (1).
- Newton, G. L., Sheppard, D. C., Watson, D. W., Burtle, G. & Dove, R. (2005): Using the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens*, as a Value Added Tool for Management of Swine. Manure. Animal and Poultry Waste Management Center, North Carolina State University, Raleigh, NC. pp. 17.
- Noferdiman., Yose, Y, R., Mirzah., Heryandi, Y. & Marlinda, Y. (2008): Penggunaan Urea Sebagai Sumber Nitrogen pada Proses Biodegradasi Substrat Lumpur Sawit oleh Jamur *Phanerochaete chrysosporium*. *Jurnal Ilmiah Ilmu-ilmu Peternakan*. Vol. XI. No.4.
- Oliver, P. A. (2004): The Bioconversion of Putrescent wastes. Engineering separation recycling (ESR). Washington, Lousiana.
- Perez, J., Munoz-Dorado, J., Rubia, T. & Martinez, J. (2002): Biodegradation and Biological Treatments of Cellulose,

- Hemicelluloses and Lignin: an Overview.
Int. Microbiol., 5: 53-63.
- Sanchez, C. (2009). Lignocellulosic residues: biodegradation and bioconversion by fungi. *biotechnology advances* 27.
- Sheppard, D. C. & Newton, G. L. (1994). Avalue added manure management system using the black soldier fly. *Bioresource technology*. 50: 275-279
- Sitorus, T. F. (2002). *Peningkatan Nilai Nutrisi Jerami Padi dengan Fermentasi Ragi Isi Rumen*. Program Studi Magister Ilmu Ternak Program Pasca Sarjana Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro, Semarang.
- Supriyatna A. & Ukit. (2016): Screening and Isolation of Cellulolytic Bacteria from Gut of Black Soldier Flys Larva (*Hermetia illucens*) Feeding with Rice Straw. *Journal of Biology & Biology Education. Biosaintifika*. 8(3): 314-320.
- Suzuki H. (2009). Quantitative Transcriptional Analysis of the Cellulolytic Genes in the Basidiomycete *Phanerochaete chrysosporium*. *FEMS Microbiol Lett*. 299:159-165.
- Zheng, L., Li Q., Zhang, J. & Yu, Z. (2011): Doeble the Biodiesel Yield: Rearing Black Soldier Fly Larvae, *Hermetia illucens*, on Solid Residual Fraction of Restaurant Waste After Grease Extraction for Biodiesel Production. *Renewable energy*. 1-5.